

PAT-NO: JP404364011A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 04364011 A

TITLE: **HELICAL COIL**

PUBN-DATE: December 16, 1992

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

**ITO**, MASAYOSHI

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

FUJI ELECTRIC CO LTD

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP03138129

APPL-DATE: June 11, 1991

INT-CL (IPC): H01F027/28

US-CL-CURRENT: 336/199

ABSTRACT:

PURPOSE: To effectually reduce the unbalance of current by constructing a title coil such that the number of transition portions has a predetermined relation with the number of axial arrangements, the number of radial overlappings, and the number of transitions which means the number of electric wires performing simultaneous transition.

CONSTITUTION: Sections of a **helical coil** 1A grouped on the basis of transition locations are assumed to be blocks 11A15A. The amount of

intersection of the blocks 11A, 15A at axial opposite ends of the **helical coil** 1A to a leakage magnetic flux is less than that of the central blocks 12A-14A. There are accordingly produced the unbalance of the interlinkaged magnetic flux

among electrical wires 10 and the unbalance of current caused by the former. It is assumed here that the number of axial arrangements, the number of radial overlappings, and the number of transitions meaning the number of electrical wires simultaneously performing the transitions are  $n_x$ ,  $n_y$ , and  $m$ , respectively. The arrangements of the electric wires of a first block at winding initiation and of a final block become equal by increasing the locations of the transitions by one such that it is integer times of  $(n_x \times n_y) / m$ . This compensates the unbalance between the interlinkaged magnetic fluxes, and hence the degree of the unbalance between the interlinkaged magnetic fluxes is reduced.

COPYRIGHT: (C)1992,JPO&Japio

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平4-364011

(43) 公開日 平成4年(1992)12月16日

(51) Int.Cl.<sup>5</sup>

H 0 1 F 27/28

識別記号

片内整理番号

F I

技術表示箇所

K 8935-5E

L 8935-5E

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平3-138129

(22) 出願日 平成3年(1991)6月11日

(71) 出願人 000005234

富士電機株式会社

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

(72) 発明者 伊藤 政芳

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

富士電機株式会社内

(74) 代理人 弁理士 山口 巖

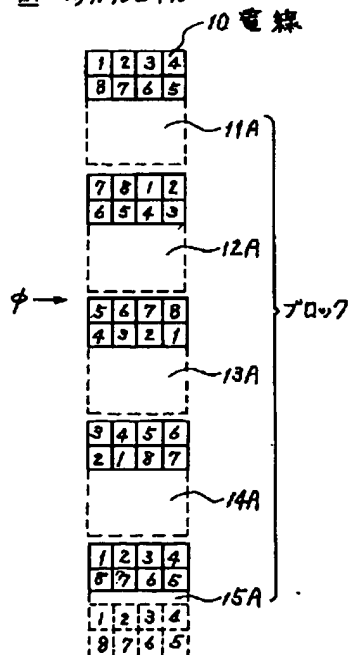
(54) 【発明の名称】 ヘリカルコイル

(57) 【要約】

【目的】 ヘリカルコイルの転位回数を増やすことなく、両端部のブロックの鎖交磁束が中央部のブロックよりも小さいことによって生ずる電線間の鎖交磁束の不平衡に起因する電流不平衡の程度を低減する。

【構成】 転位箇所の数を従来よりも1つ増やすことによって、ブロックが1つ増えるが、このブロックが両端部のブロックの鎖交磁束が小さい分を補償することから鎖交磁束の不平衡の程度が低減し、これに伴って電線間の電流不平衡の程度が低減する。そのために、負荷損の低下とこれに伴って効率が向上し、更に電流最大の電線の温度が低下することによって変圧器の信頼性が向上する。

1A ヘリカルコイル



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】絶縁被覆された平角導体からなる電線を軸方向に複数本並べ、これを半径方向に複数本重ねて構成された電線束を、所定の位置で前記電線束のそれぞれの電線の相対位置が回転するように変わる転位を行いながら巻回し、軸方向に積層して円筒状に成形し前記電線束を電氣的に並列接続してなるヘリカルコイルにおいて、軸方向並べ数を $n_r$ 、半径方向重ね数を $n_t$ 、転位を同時に行う電線の本数である転位本数を $m$ としたとき、転位箇所の数 $n_t$ が $(n_r \times n_t / m)$ の整数倍であることを特徴とするヘリカルコイル。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、変圧器やリアクトルなどの比較的大電流、低電圧の巻線に多く使用される多数の並列接続される電線束を転位しながら巻線するヘリカルコイルに関する。

【0002】

【従来の技術】図2は従来のヘリカルコイルの構成を示す模式的な断面図である。電線10は銅又はアルミなどの良導体からなる平角線に絶縁紙などで絶縁被覆されたもので図ではその断面形状を正方形にしてあるが、実際には半径方向の寸法である厚みが小さく軸方向寸法である幅が大きい長方形断面をしている。

【0003】ヘリカルコイル1は円筒状をしていて図の左側が内径側であり、上下方向が軸方向、左から右に向かう方向が半径方向である。ヘリカルコイル1は、軸方向並べ数 $n_r$ が2、半径方向重ね数 $n_t$ が4で電線束としての本数は8、転位本数 $m$ が2である。実際のヘリカルコイルでは重ね数 $n_t$ は10乃至はそれ以上の大きな数が普通であり、この図は図が複雑になるのを避けるために単純化してある。

【0004】電線10にはそれぞれ1から8の番号を付してある。4つのブロック11、12、13、14のそれぞれの中では図示のような電線配置となっており、隣のブロックに渡る位置で図示しない転位が行われて各電線の配置が変わる。各ブロック11、12、13、14それぞれでの同じ電線番号は電氣的に直列になっており、実際の巻線作業時においては1本の電線が連続して巻回されており、したがってこのヘリカルコイル1では8本の電線10からなる電線束を同時に巻回し転位箇所

で転位しながら軸方向に重ねて順次巻回してゆくことによって形成されるものである。

【0005】転位を行うのはそれぞれの電線10の電流をなるべく均一にするためである。それぞれの電線10に流れる電流が不平衡になる理由は、巻線1、2に流れる負荷電流によって生ずる漏れ磁束の鎖交量がそれぞれの電線10によって異なることに起因するものである。鎖交磁束量が電線10ごとで異なると誘起電圧に差が生じこれを打ち消すように循環電流が流れるもので、この

2

循環電流は誘起電圧の差を電線10の抵抗で除した値になるが、電線10の抵抗値は非常に小さいので僅かの誘起電圧の差に対しても無視できない循環電流が流れるのである。

【0006】電線番号1の電線10を以下電線101と称する。同じようにして電線番号2～8の電線は102～108と称することにする。電線101に着目すると、ブロック11ではこの電線101は上の段の最内径側に位置している。ブロック11からブロック12に移る過程で図示しない転位が行われ、電線101の位置は外径側に2電線分移動する。この場合の転位は2本の電線が同時に位置を移動する2本転位としている。したがって、電線102の移動数も2となる。ブロック13で更に移動して電線101は下の段の最外径側になる。ブロック14では下の段の内径側から2つめに位置する。もし、もう一度転位すればブロック11と同じ位置に戻ることになる。このように電線101は上の段を右に移動し下の段に移って左に移動するという回転するような移動をする。他の電線も同様に回転移動する。

【0007】このような回転移動の結果、電線101はブロック11で最内径側の位置、ブロック14で内径側から2つめ、ブロック12で3つめ、ブロック13で4つめ、言い換えれば最外径側に位置することになり、4つの異なる半径方向位置に全て位置している。他の電線102～108も同様であり、全ての電線10は半径方向位置に関して平等の位置関係になる。漏れ磁束の鎖交量は主に半径方向に応じて変化することからこのような転位によって電線101～108それぞれの鎖交磁束量がおおよそ平衡するようになる。また、全ての電線10は半径方向位置の関係が平等であるということは電線101～108の長さが同じになっているとも言える。ヘリカルコイルに限らず複数の並列電線からなる変圧器の巻線は巻線の種類に応じた転位が行われるが、巻線の種類に関係なく殆ど例外なしに並列接続される電線の長さが同じになるように転位されている。

【0008】実際には漏れ磁束の分布は後述するように軸方向位置によって変化している。特に軸方向端部では漏れ磁束が拡散するために電線の鎖交量が小さくなることから、前述のように半径方向位置を平等にしてもそれぞれの電線の鎖交磁束が完全に平衡することはない。

【0009】図3は変圧器の巻線断面配置と漏れ磁束分布を示す模式図である。この図において鉄心3に挿入される形で低圧巻線としてのヘリカルコイル1が設けられ、その外径側に所定の間隔を隔てて高圧巻線2が配置されている。実際の変圧器ではヘリカルコイル1と鉄心3との間に三次巻線が配置された3巻線変圧器もある。また、三次巻線がヘリカルコイルのこともある。

【0010】これらの巻線1、2に誘起される電圧の殆どは鉄心3に流れる磁束によるものである。一方、巻線1、2に負荷電流が流れると漏れ磁束が発生する。この

図での点線で示す磁束線3がおおよその漏れ磁束の分布を示している。

【0011】A-A線で示す巻線1, 2の軸方向中央部では磁束線4は一樣に軸方向に向いており、B-B線で示す巻線1, 2の端部近傍では左右に広がる分布となっている。

【0012】図4は図3のA-A線、B-B線での漏れ磁束の磁束密度の分布を示すグラフである。この図において、A-A線上の磁束密度分布Aは台形状をしており、左側の右上がりの傾斜部はヘリカルコイル1の内部の、右側の右下がりの傾斜部は高圧巻線2の磁束密度のそれぞれ分布であり、これらの間の平坦部は高圧巻線2とヘリカルコイル1との間の電流が流れない空間の分布である。B-B線上の磁束密度分布Bは磁束密度分布Aに比べて値が約2分の1になっている。これは2つの対向する巻線の高さ位置が一致している場合に共通して成立していることである。

$$\Phi_1 = k x_1^2, \Phi_2 = k x_2^2, \Phi_3 = k x_3^2, \Phi_4 = k x_4^2 \quad (1)$$

【0016】電線10の半径方向寸法をbとすると、

$$x_1 = (1/2) b, x_2 = (3/2) b, x_3 = (5/2) b, x_4 = (7/2) b \quad (2)$$

であるから、

$$\Phi_1 = (1/4) k b^2, \Phi_2 = (9/4) k b^2, \Phi_3 = (25/4) k b^2, \Phi_4 = (49/4) k b^2 \quad (3)$$

となる。

【0017】図6は漏れ磁束の強さの軸方向分布を示すグラフである。この図において、横軸は図3のA-A線の位置を原点とした軸方向寸法をヘリカルコイル1の軸方向寸法である巻線高さを1とした比率で表しており、縦軸はヘリカルコイル1の半径方向の中心部の軸方向磁束密度を原点での値を1とした比率で表してある。鎖交磁束Φはこの磁束密度に比例するとしてよいから、このグラフは同時に鎖交磁束の強さの軸方向分布を表していることになる。

【0018】図から明らかなように、磁束密度は原点か※

$$\Phi_{A1} = (1/4) k b, \Phi_{A2} = (9/4) k b, \Phi_{A3} = (25/4) k b, \Phi_{A4} = (49/4) k b, \Phi_{B1} = (1/8) k b, \Phi_{B2} = (9/8) k b, \Phi_{B3} = (25/8) k b, \Phi_{B4} = (49/8) k b \quad (4)$$

である。

【0020】電線101～108のそれぞれの鎖交磁束の和を以上の関係式から求めると次表になる。ただし、

\*【0013】図5はヘリカルコイル1の電線10の半径方向位置の違いによる鎖交磁束量の違いを説明する説明図である。この図において、上の図は図2の一部を取り出した電線束の断面図、中央の図は図4の一部を取り出した磁束密度分布図、下の図は鎖交磁束分布をそれぞれ示すグラフである。この図の横軸はヘリカルコイル1の内径を原点にした半径方向座標x、下の図の縦軸はx=0を基準にしたx点での鎖交磁束Φである。

【0014】図示のように、最内径位置の電線の中心座標をx<sub>1</sub>、2つめをx<sub>2</sub>、3つめをx<sub>3</sub>、4つめをx<sub>4</sub>とし、それぞれに対応する鎖交磁束Φの値をΦ<sub>1</sub>、Φ<sub>2</sub>、Φ<sub>3</sub>、Φ<sub>4</sub>とする。

【0015】鎖交磁束Φは磁束密度Bをxで積分した値である。ヘリカルコイル1内での磁束密度Bは実用上xに比例するとしてよいので、これをxで積分して得られる鎖交磁束Φはxの二乗に比例する。したがって、次式が成立する。kは比例係数である。

※ら離れて巻線端部に近づく急激に減少し巻線端部であるx=0.5の点で約0.5になっている。

【0019】今、仮に図2のブロック12と13のそれぞれの電線の鎖交磁束Φは(3)式に従い、ブロック11, 14はこれらの2分の1、すなわち(3)式の比例係数kに対して(1/2)kであるとする。すなわち、ブロック12, 13の4本の電線の鎖交磁束を内径側からΦ<sub>A1</sub>, Φ<sub>A2</sub>, Φ<sub>A3</sub>, Φ<sub>A4</sub>、ブロック11, 14の4本の電線の鎖交磁束を内径側からΦ<sub>B1</sub>, Φ<sub>B2</sub>, Φ<sub>B3</sub>, Φ<sub>B4</sub>とすると、

(k b/8)の記載を省略し分数の分子だけで表示してある。

表1

ブロック番号	電線番号							
	1	2	3	4	5	6	7	8
11	1	9	25	49	49	25	9	1
12	50	98	98	50	18	2	2	18
13	98	50	18	2	2	18	50	98

5								6
14	9	1	1	9	25	49	49	25
合計	158	158	142	110	94	94	110	142

【0021】この表から明らかなように電線間に鎖交磁束の差が出ているのが分かる。その原因はブロック11, 14がブロック12, 13に比べて小さいからである。この表で鎖交磁束が最も大きいのは電線101, 102であり、これらは鎖交磁束が大きなブロック12, 13で外径側に位置するために鎖交磁束が大きくなり、電線105, 106はブロック11, 14で鎖交磁束の小さな外径側に位置するために鎖交磁束が小さくなったものである。

【0022】実際のヘリカルコイル1は前述のように電線10の重ね数は10かそれ以上が普通である。したがって、それぞれのブロックごとの鎖交磁束の大きさは図6のようにブロックごとに異なるのであるが、巻線端部のブロックの鎖交磁束が中央部のブロックに比べて小さいという点は共通であり、その結果電線10ごとに鎖交磁束が異なるという現象が生ずる点も同様である。

【0023】このような電線10ごとの鎖交磁束の差が生ずるために電線10間に循環電流が流れて電流の分担が不平衡になり、この不平衡度が大きくなると負荷損の増大、電線の温度上昇の過大など重大な問題が生ずる。

【0024】図2に示す転位はヘリカルコイル1全体で電線位置が1回転することから1回転位と呼ばれている。このような1回転位の場合に鎖交磁束の差が大きくて電流の不平衡の程度が過大になる場合には電線位置の移動を2回転させる2回転位が採用される。

【0025】

【発明が解決しようとする課題】前述のように、1回転位では電流の不平衡が過大になるために2回転位を採用すると、1回転位の場合に比べて転位箇所が約2倍になる。例えば、重ね数 $n_1$ が10、並べ数 $n_r$ が2、転位本数 $m$ が2の場合、1回転位では転位箇所が9に対して2回転位の場合は19になる。

【0026】転位は電線10を延びたS字状に折り曲げることによって軸方向位置を変えることによって構成されるが、このような転位部の形成にかなりの加工工数を要すること、電線10を折り曲げることによる絶縁耐力や、機械的強度などの低下の要因となることなどから、転位箇所はなるべく少ないのが望ましい。したがって、電流の不平衡の程度と転位箇所の増大とを勘案して適切な転位回数が決定される。

【0027】前述のように1回転位では電流の不平衡が過大になってしまう場合には2回転位が採用されることになるが、転位箇所が約倍になるために前述のように加工工数の増大、信頼性低下の要因の増大という問題がある。

【0028】この発明の目的は、このような問題を解決

し、転位回数を増大することなしに電流の不平衡を効果的に低減することのできるヘリカルコイルを提供することにある。

【0029】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、この発明によれば、絶縁被覆された平角導体からなる電線を軸方向に複数本並べ、これを半径方向に複数本重ねて構成された電線束を、所定の位置で前記電線束のそれぞれの電線の相対位置が回転するように変わる転位を行いながら巻回し、軸方向に積層して円筒状に成形し前記電線束を電気的に並列接続してなるヘリカルコイルにおいて、軸方向並べ数を $n_1$ 、半径方向重ね数を $n_r$ 、転位を同時に行う電線の本数である転位本数を $m$ としたとき、転位箇所の数 $n_t$ が $(n_1 \times n_r / m)$ の整数倍であるものとする。

【0030】

【作用】この発明の構成において、ヘリカルコイルが転位箇所によって区分けされた部分をブロックと称し、ヘリカルコイルの軸方向の両端のブロックが漏れ磁束を鎖交する量は中央部のブロックよりも小さいために、電線間の鎖交磁束の不平衡とこれに伴う電流の不平衡が生ずるが、転位箇所の数 $n_t$ を従来よりも1増やして、 $(n_1 \times n_r / m)$ の整数倍にすることにより、巻始めの最初のブロックと最後のブロックとの電線の配置が同じになるので、鎖交磁束の不平衡を補償することによって鎖交磁束の不平衡の程度が小さくなる。

【0031】

【実施例】以下この発明を実施例に基づいて説明する。図1はこの発明の実施例のヘリカルコイルの構成を示す模式的な断面図であり、軸方向並べ数 $n_1$ 、半径方向重ね数 $n_r$ 、転位本数を $m$ は図2のヘリカルコイル1と共通である。この図の図2との違いはブロックの数が11Aから15Aの5つであることであり、ブロック11Aからブロック14Aまでの電線の配置は図2と同様である。図1のヘリカルコイル1Aは更にもう一度転位してブロック15Aを形成したもので、このブロック15Aの電線の配置はブロック11Aと同じである。すなわち、両端のブロック11A, 15Aは同じ電線配置となっている。ブロック数が図2に対して1つ多いので巻数が同じであるとするブロック11A～15Aのそれぞれの巻数はブロック11～14のそれぞれの5分の4になっている。

【0032】前述の表1と同様に両端のブロック11A, 15Aが他のブロックに対して2分の1と仮定したときの各電線1～8の鎖交磁束の和は次表となる。

表2

ブロック番号	電線番号							
	1	2	3	4	5	6	7	8
11A	1	9	25	49	49	25	9	1
12A	50	98	98	50	18	2	2	18
13A	98	50	18	2	2	18	50	98
14A	18	2	2	18	50	98	98	50
15A	1	9	25	49	49	25	9	1
合計	168	168	168	168	168	168	168	168

【0033】この表から明らかなように全ての電線が同じ鎖交磁束の和になっている。ただこの結果は、両端のブロック11A、15Aだけが他のブロック12A～14Aに対して鎖交磁束が2分の1であるという仮定から出たものであって、この値を0.6にすると電線番号4、5の電線10の鎖交磁束の和が最大、電線番号1、8の電線10が最小になり、0.8にすると、ブロック15Aを設けたことによって逆に不平衡の程度が大きくなってしまふという結果になる。

【0034】実際のヘリカルコイル1は前述のように電線10の本数はもっと多くしたがってブロックの数も多く、それぞれのブロックの鎖交磁束の大きさもブロックごとに異なるので、鎖交磁束の和を求めるのは前述のように簡単ではない。また、転位箇所を1箇所増やしたことによる電線10間の電流不平衡の改善の程度は異なる。実際の鎖交磁束や電流はコンピュータを使用しての計算される。

【0035】種々の仕様の変圧器のヘリカルコイルについて電流不平衡を求めた結果によると、転位箇所を1つ増やすことによって殆どの場合電流不平衡は改善され、1回転位では電流不平衡が過大になる場合に特に改善の程度が大きく2回転位の場合よりも電流不平衡率が低下する場合もある。一方、1回転位でも電流不平衡率が小さい場合には改善の程度は小さく、場合によってはかえって電流不平衡率が大きくなる場合もある。このような場合には転位箇所を増やす必要がない場合である。

【0036】前述の実施例では1回転位の場合であるが、2回転位の場合でも転位箇所を1つ増やすことによって電流不平衡率が改善する。したがって、1回転位のヘリカルコイルでこの発明を適用して転位箇所を1つ増やすことによって電流不平衡が過大な場合に2回転位を採用してしかも転位箇所を1つ増やす構成を採用することができる。

【0037】従来のヘリカルコイルの転位箇所の数 $n_t$ は、1回転位の場合、 $(n_s \times n_r / m) - 1$ 、2回転位の場合、 $2 \times (n_s \times n_r / m) - 1$ である。したがって、この発明における転位箇所の数 $n_t$ はこれらの値

に+1して、1回転位の場合、 $(n_s \times n_r / m)$ 、2回転位の場合、 $2 \times (n_s \times n_r / m)$ となる。なお、転位箇所の数を更に1つ増やして従来のヘリカルコイルに対して2つ増やすと電流不平衡が改善される場合があるが、1つだけ増やす場合に比べてその効果は少ないので、実用的には1つ増やすだけで充分である。

20 【0038】

【発明の効果】この発明は前述のように、転位箇所の数 $n_t$ を、 $(n_s \times n_r / m)$ の整数倍にすることにより、巻始めの最初のブロックと最後のブロックとの電線の配置が同じになるので、両端部のブロックの鎖交磁束が中央部のブロックよりも小さいことによって生ずる電線間の鎖交磁束の不平衡を補償することによって鎖交磁束の不平衡の程度が小さくなる。その結果、電線間の循環電流が減少し電流不平衡率が小さくなって循環電流による損失の低下による負荷損の低下、効率の向上という効果が得られる。更に、電線の温度上昇は流れる電流の約二乗に比例するが、電流の不平衡率の低下によって電流最大の電線の電流が低下しこれに伴って温度上昇値が低下し温度上昇の過大による絶縁被覆の劣化が促進されるということがなくなり信頼性が向上するという効果も得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の実施例のヘリカルコイルの模式的な断面図

【図2】従来のヘリカルコイルの模式的な断面図

40 【図3】変圧器の巻線断面配置と漏れ磁束分布を示す模式図

【図4】図3のA-A線、B-B線での漏れ磁束の分布を示すグラフ

【図5】半径方向位置の違いによる鎖交磁束量の違いを説明する説明図

【図6】漏れ磁束の強さの軸方向分布を示すグラフ

【符号の説明】

1 ヘリカルコイル

1A ヘリカルコイル

50 10 電線

9

10

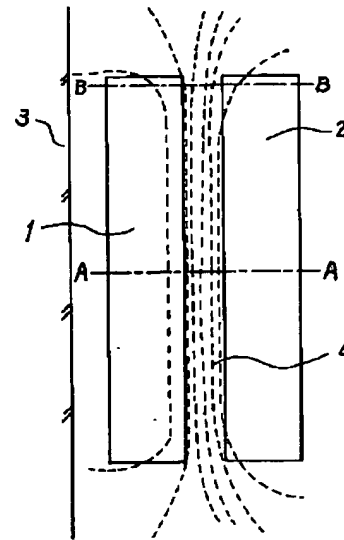
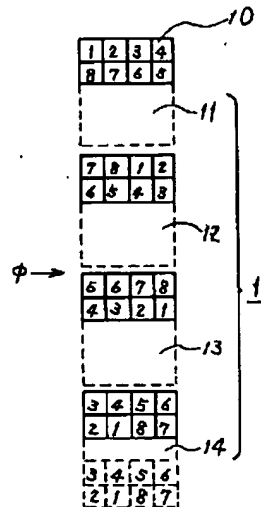
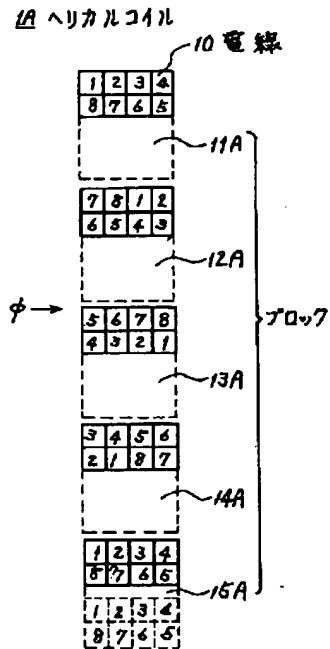
11 ブロック  
12 ブロック  
13 ブロック  
14 ブロック  
11A ブロック  
12A ブロック

13A ブロック  
14A ブロック  
15A ブロック  
2 高圧巻線  
3 鉄心

【図1】

【図2】

【図3】



【図6】

【図4】

【図5】

